

Sumário

Introdução	5
Saturação e corte	6
O multivibrador biestável	12
Princípio de funcionamento	12
Métodos de disparo do biestável	19
Disparo pelo emissor	20
Disparo pela base	24
Apêndice	28
Questionário	28
Bibliografia	28



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Introdução

A eletrônica evolui rapidamente e vivencia-se atualmente a era dos equipamentos digitais e microcomputadores, já acessíveis em larga escala para usuários em geral.

Aparelhos digitais são baseados em **circuitos eletrônicos digitais** que empregam milhares de transistores operando nos regimes de saturação e corte. Um dos circuitos utilizados com frequência naquela classe de dispositivos é o multivibrador biestável.

Este fascículo é inicialmente dirigido a uma revisão dos conceitos de saturação e de corte em um transistor. Em seguida será tratado o princípio de funcionamento dos multivibradores biestáveis de forma a introduzir ao leitor os fundamentos da eletrônica digital.



Para a boa compreensão do conteúdo e desenvolvimento das atividades contidas neste fascículo, o leitor deverá estar familiarizado com os conceitos relativos a:

- Transistor bipolar: ponto de operação
- Circuito integrador e diferenciador.

Saturação e corte

Em um circuito transistorizado controlado pela corrente de base, a saturação e o corte correspondem às regiões de operação do transistor situadas, respectivamente, na parte superior e inferior da reta de carga, conforme mostrado na **Fig.1**.

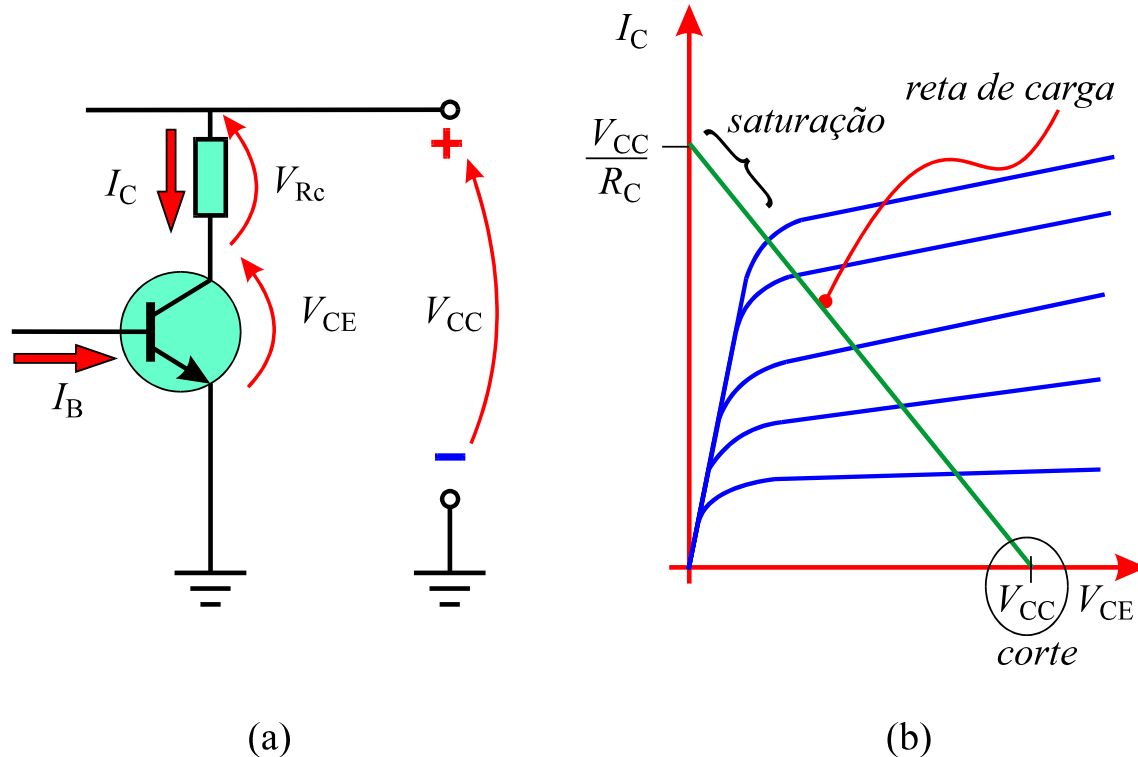


Fig.1 (a) Circuito transistorizado controlado por corrente de base. **(b)** Gráficos da reta de carga e das curvas características de saída.

A condição de corte corresponde mais exatamente à situação em que a corrente de base é nula. Essa condição implica a existência de uma corrente de fuga no coletor I_{CEO} da ordem de alguns microampères na temperatura de trabalho. Com $I_B = 0$ e $I_C = I_{CEO}$, a queda de tensão no resistor da **Fig.1** é praticamente nula, de forma que a tensão $V_{CE} \approx V_{CC}$.

Quando o transistor opera na condição de corte, o seu comportamento é similar ao de um interruptor que está **desligado**, **cortando** a corrente no circuito.

Um modelo de circuito para essa condição está mostrado na **Fig.2**.



Um transistor operando na condição de corte se comporta como um interruptor aberto.

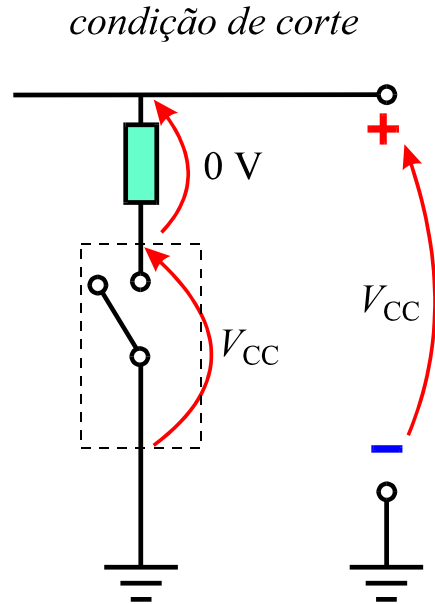


Fig.2 Modelo do circuito transistorizado na condição de corte.

A condição de saturação, por outro lado, corresponde à situação em que $V_{CE} < V_{BE}$. Para transistores de silício a saturação é alcançada através do aumento da corrente de base de forma que a queda de tensão no resistor de coletor atinja praticamente o valor da tensão de alimentação. Nessas condições a tensão V_{CE} atinge valores inferiores a 0,6 V. A saturação completa dos transistores de silício ocorre quando $V_{BE} \approx 0,7$ V.

A **Fig.3** mostra um exemplo de circuito com transistor de silício operando na condição de saturação completa.

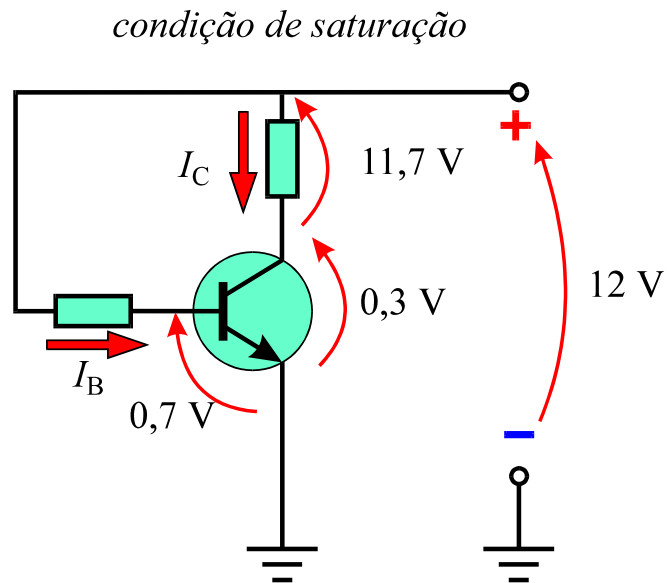


Fig.3 Exemplo de circuito operando na condição de saturação completa.

A nível de circuito um transistor completamente saturado se comporta de forma semelhante a um interruptor fechado. Nessas condições, a corrente de saturação vale aproximadamente

$$I_{C,sat} \approx \frac{V_{CC}}{R_C}$$

A **Fig.4** ilustra através de um exemplo a pequena diferença de comportamentos de um circuito com transistor completamente saturado, relativamente ao circuito resultante da substituição do transistor por uma chave fechada. As correntes aí indicadas são praticamente idênticas. Isso mostra que a chave fechada é uma boa representação para o transistor completamente saturado.

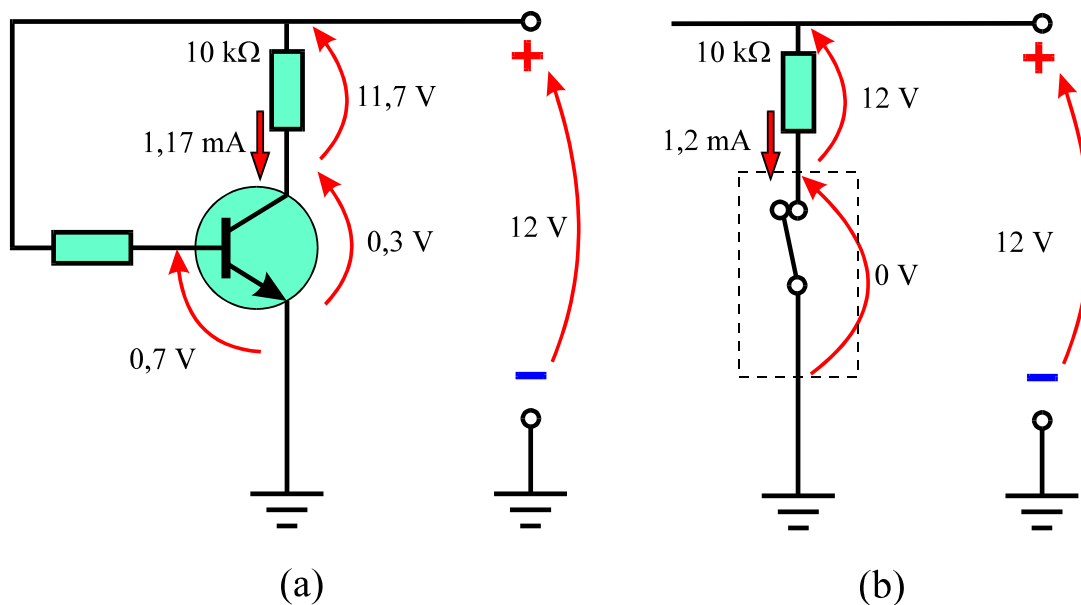



Fig.4 (a) Circuito com transistor completamente saturado. **(b)** Circuito equivalente correspondente.

 **Um transistor operando na condição de saturação completa se comporta como um interruptor fechado.**

Existem circuitos, denominados de **circuitos digitais**, que só utilizam transistores operando nas condições de corte ou saturação. Esses circuitos são também denominados de **circuitos de chaveamento**, devido à equivalência daqueles regimes de operação com o comportamento de chaves.



Circuitos digitais de chaveamento empregam transistores ou outros componentes que estejam nos estados de corte ou saturação.

Assim, os circuitos eletrônicos podem ser divididos em dois grandes grupos:

Circuitos analógicos

São aqueles em que os componentes ativos podem estar em qualquer regime de operação. São exemplos de circuitos analógicos: amplificadores, fontes reguladas etc.

Circuitos digitais

São aqueles em que os componentes ativos trabalham apenas nos regimes de corte ou saturação.

Em um circuito digital um transistor deve ser conectado a uma porção do circuito de forma a operar apenas em dois estados. O comando do estado do transistor depende fundamentalmente da corrente de base.

Exemplo 1: Verificar que o circuito transistorizado mostrado na **Fig.5** opera apenas nos regimes de corte ou saturação, a partir do cálculo dos parâmetros elétricos do circuito com a chave nas posições *A* e *B*.

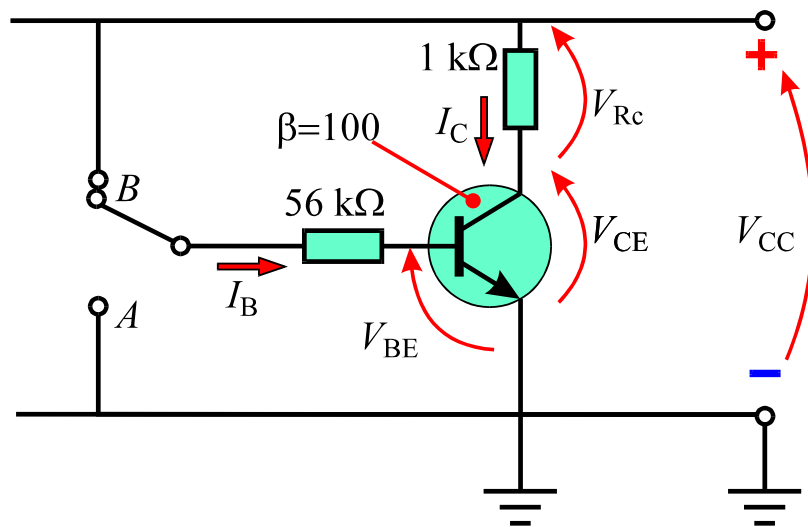


Fig.5 Exemplo de circuito transistorizado que opera apenas no regime de corte ou saturação.

Com a chave da **Fig.5** na posição *A* tem-se que

$$V_{BE} = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_C = I_{CE0} \approx 0$$

o que implica a condição de corte, uma vez que

$$V_{Rc} \approx 0 \Rightarrow V_{CE} \approx V_{CC}$$

Se a chave passar para a posição *B*, tem-se que

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

Admitindo que $V_{BE} \approx 0,6$ V e utilizando $V_{CC} = 12$ V, $R_B = 56$ k Ω obtém-se

$$I_B = \frac{12 - 0,6}{56} \text{ mA} = \frac{11,4}{56} \text{ mA} = 0,203 \text{ mA} = 203 \text{ } \mu\text{A}$$

Uma estimativa inicial para a corrente de coletor pode ser obtida com o uso da relação $I_C = \beta I_B$, que fornece

$$I_C = 100 \times 203 \text{ } \mu\text{A} = 20,3 \text{ mA}$$

No entanto o valor máximo da corrente de coletor ocorre quando toda tensão de alimentação é aplicada sobre o resistor de coletor. Essa corrente máxima vale

$$I_{C,\text{máx}} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12 \text{ V}}{1.000 \text{ } \Omega} = 12 \text{ mA}$$

Com esse limite imposto pelo resistor de coletor, o regime de operação real do transistor da **Fig.5** deve corresponder aos seguintes valores dos parâmetros elétricos do circuito:

$$I_B = 203 \mu\text{A} , I_C = I_{C,\text{máx}} = 12 \text{ mA} , V_{CE} \approx 0 \Rightarrow \text{saturação}$$

Exemplo 2: Verificar que, se a resistência R_B for aumentada para $150\text{k}\Omega$ no circuito transistorizado mostrado na **Fig.5**, o transistor passará a operar na região ativa, quando a chave estiver conectada na posição B .

Com a chave na posição B , tem-se que

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0,6}{150} \text{ mA} = \frac{11,4}{150} \text{ mA} = 0,076 \text{ mA} = 76 \mu\text{A}$$

e a corrente de coletor vale

$$I_C = 100 \times 76 \mu\text{A} = 7,6 \text{ mA}$$

Esse valor da corrente de coletor é inferior ao valor máximo de 12 mA , o que mostra claramente que o transistor está operando na região ativa. Nessas condições a queda de tensão no resistor de coletor vale

$$V_{Rc} = 7,6 \text{ mA} \times 1 \text{ k}\Omega = 7,6 \text{ V}$$

e a tensão coletor-emissor,

$$V_{CE} = 12 - 7,6 = 4,4 \text{ V}$$

Os resultados obtidos nos **Exemplos 1 e 2** servem para demonstrar a importância da escolha do valor de R_B para que a saturação seja atingida. Portanto, um circuito transistorizado pode funcionar como chaveador desde que seja corretamente polarizado para tal.

O multivibrador biestável

O multivibrador biestável é um circuito eletrônico em que as saídas podem assumir apenas dois estados distintos. O circuito do multivibrador biestável, ou **flip-flop** como também é conhecido, é composto basicamente de **dois transistores polarizados nos dois estados possíveis de chaveamento**.

Esse circuito é configurado de tal forma que quando um dos transistores está saturado o outro está em corte e vice-versa. A análise do multivibrador biestável é feita a seguir.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A **Fig.6** mostra um tipo comum de circuito do multivibrador biestável que utiliza apenas um valor de tensão de alimentação. Existe também um outro circuito para o multivibrador biestável que utiliza duas tensões de alimentação, uma positiva, outra negativa. No entanto a configuração mostrada na **Fig.6** é a mais utilizada atualmente.

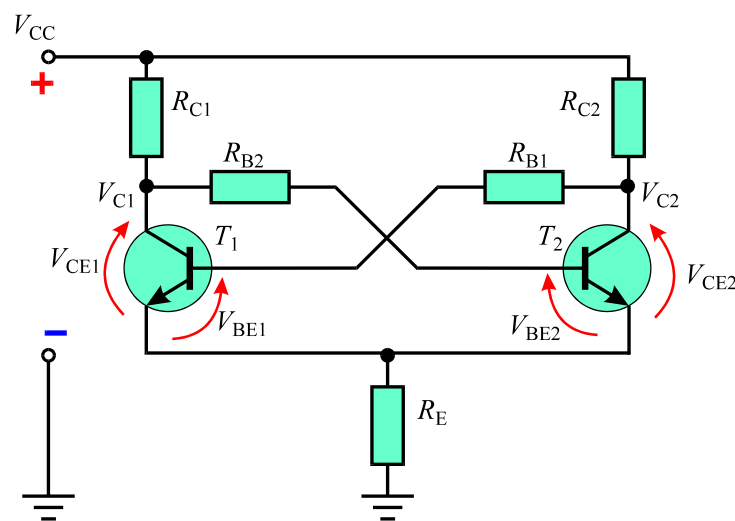


Fig.6 Configuração básica de um multivibrador biestável.

Antes de analisar o princípio de funcionamento do multivibrador é conveniente observar alguns aspectos importantes:

- Ambos os transistores estão polarizados por corrente de base através de dois resistores:

$$R_{C2} + R_{B1} \Rightarrow \text{resistência de base para } T_1$$

$$R_{C1} + R_{B2} \Rightarrow \text{resistência de base para } T_2$$

- O potencial no terminal do coletor de um dos transistores é utilizado para alimentar o resistor de base do outro transistor, ou seja:

$$V_{C1} - V_{BE2} \Rightarrow \text{tensão sobre } R_{B2}$$

$$V_{C2} - V_{BE1} \Rightarrow \text{tensão sobre } R_{B1}$$

Essa última condição está ilustrada na **Fig.7**.

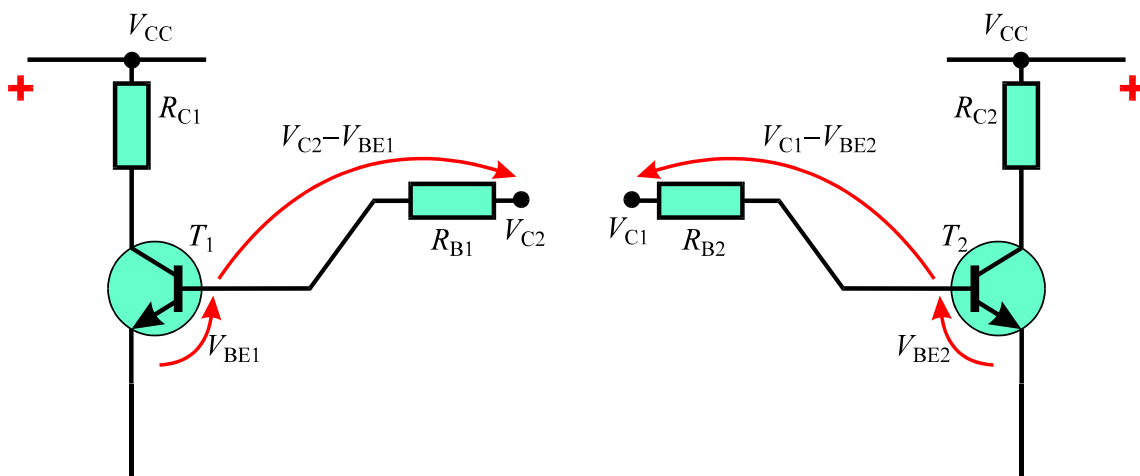


Fig.7 Tensões aplicadas nos resistores de base do multivibrador biestável.

O tipo de interconexão dos transistores do multivibrador mostrado na **Fig.6** tem uma particularidade: **a saturação de um dos transistores força a condição de corte no outro.**

Por exemplo, se T_1 estiver saturado, irá comportar-se praticamente como uma chave fechada de forma que $V_{CE1} = 0,3 \text{ V} \approx 0 \text{ V}$, conforme mostrado na **Fig8**. Esse pequeno valor de tensão é insuficiente para alimentar o terminal de base de T_2 , o que leva o transistor T_2 à condição de corte.

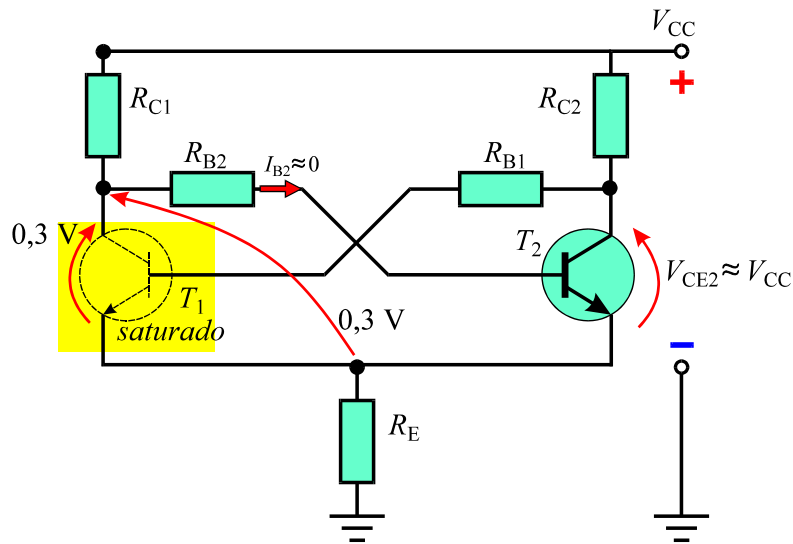


Fig.8 Circuito equivalente do multivibrador biestável com T_1 saturado.

Nessa condição o transistor T_2 se comporta como uma chave aberta, de forma que $V_{CE2} \approx V_{CC}$. Como se pode observar na **Fig.9**, esse alto valor de tensão é aplicado quase que totalmente sobre o resistor R_{B1} e a corrente resultante

$$I_{B1} = \frac{V_{CC}}{R_{B1}}$$

é suficiente para manter o transistor T_1 saturado.

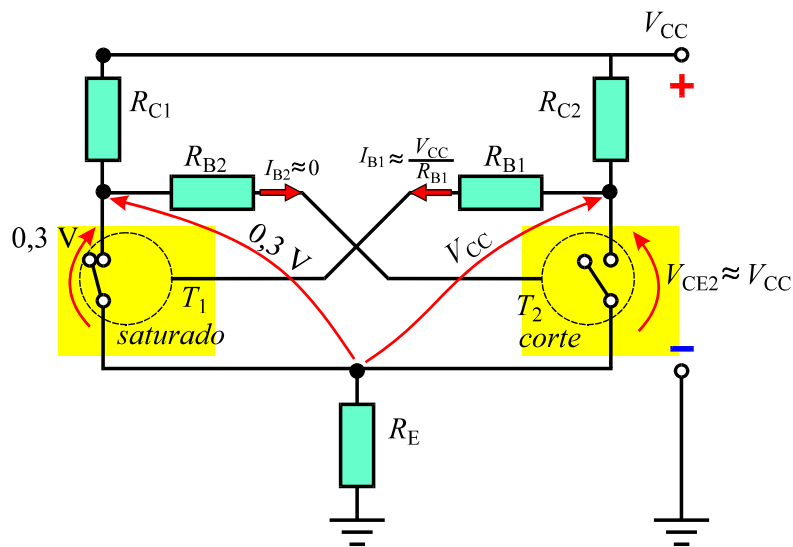


Fig.9 Circuito equivalente do multivibrador biestável com T_1 saturado e T_2 no corte.

A condição de corte em T_1 , com T_2 saturado, pode ser analisada de forma semelhante. Assim, na ausência de interferência externa, o multivibrador permanecerá estável com um transistor saturado e outro transistor na condição de corte.

Em resumo, na ausência de interferência externa o multivibrador biestável permanece em um dos seguintes estados:

T_1 saturado $\Leftrightarrow T_2$ cortado T_1 cortado $\Leftrightarrow T_2$ saturado
--

É importante também observar que os dois transistores têm os emissores ligados ao mesmo resistor R_E , conforme mostrado na **Fig.10**. Essa configuração mantém aproximadamente fixo o potencial V_E da **Fig.10**.

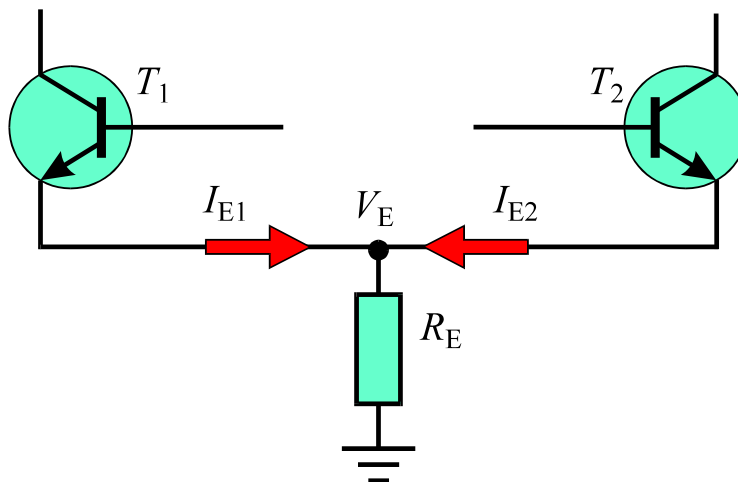


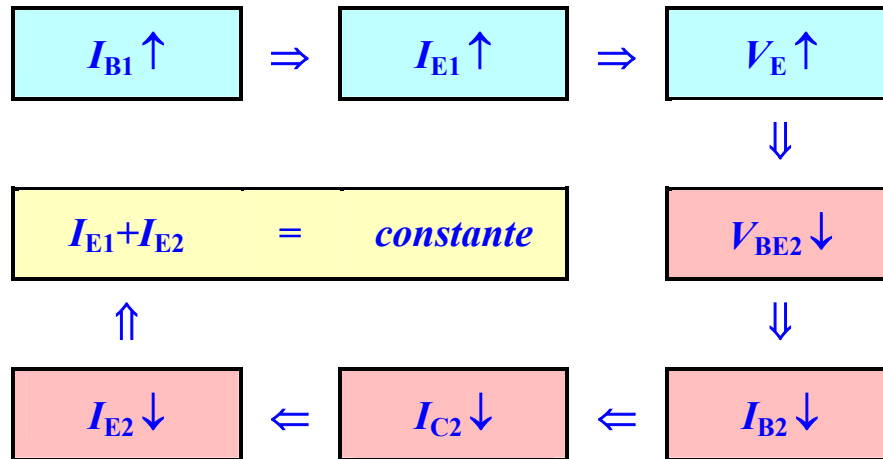
Fig.10 Porção do circuito do multivibrador biestável.

Essa afirmativa pode ser verificada notando inicialmente que a queda de tensão no resistor de emissor depende das correntes de emissor dos dois transistores, sendo dada por

$$V_E = R_E(I_{E1} + I_{E2})$$

Essa última expressão indica, por exemplo, que um aumento na corrente I_{E1} , causado por um acréscimo na corrente I_{B1} resulta em um aumento no potencial V_E . Isso implica uma diminuição da tensão V_{BE2} que por sua vez causa um decréscimo na corrente I_{B2} . Como resultado a corrente I_{C2} e

conseqüentemente a corrente I_{E2} diminuem. Essa seqüência de eventos pode ser representada pelo diagrama:



Como se pode observar no diagrama, os efeitos produzidos sobre as correntes I_{E1} e I_{E2} tendem a cancelar-se, o que permite manter o potencial V_E em um valor aproximadamente constante.

Uma questão de importância na análise do multivibrador biestável é a determinação de qual dos dois estados possíveis irá estabelecer-se no circuito imediatamente após a ligação da fonte de alimentação. Essa situação está ilustrada na **Fig.11** que indica a existência das correntes I_{B1} e I_{B2} imediatamente após a ligação da fonte de alimentação.

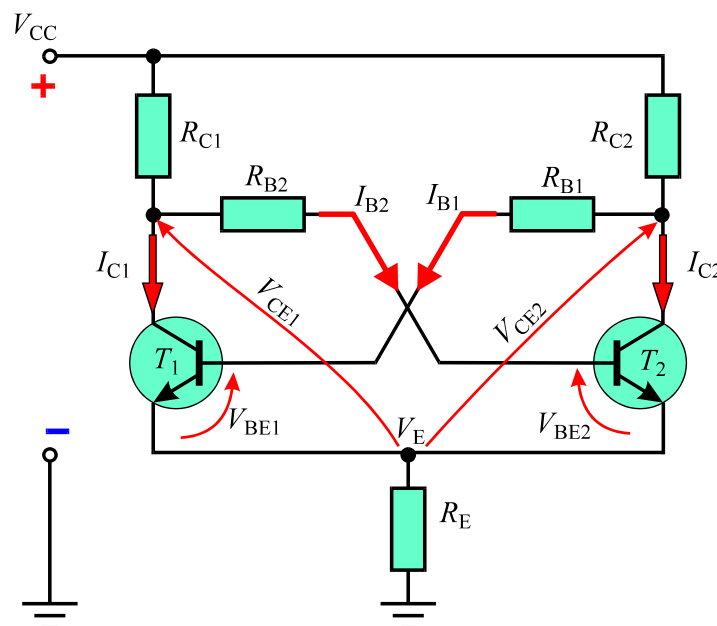


Fig.11 Multivibrador biestável alimentado externamente.

Admitindo que os resistores do circuito obedecem às condições de simetria

$$R_{B1} = R_{B2} \text{ e } R_{C1} = R_{C2}$$

resulta em correntes de base iguais, isto é,

$$I_{B1} = I_{B2}$$

Considerando que é praticamente impossível que dois transistores tenham exatamente o mesmo ganho, admite-se que o ganho de T_2 seja um pouco maior que o ganho de T_1 , ou seja,

$$\beta_2 > \beta_1$$

e essa condição fornece

$$\beta_2 I_{B2} > \beta_1 I_{B1} \Rightarrow I_{C2} > I_{C1}$$

Essa condição inicial implica a seqüência de eventos, ilustrados na **Fig.12**, e sumarizados logo a seguir:

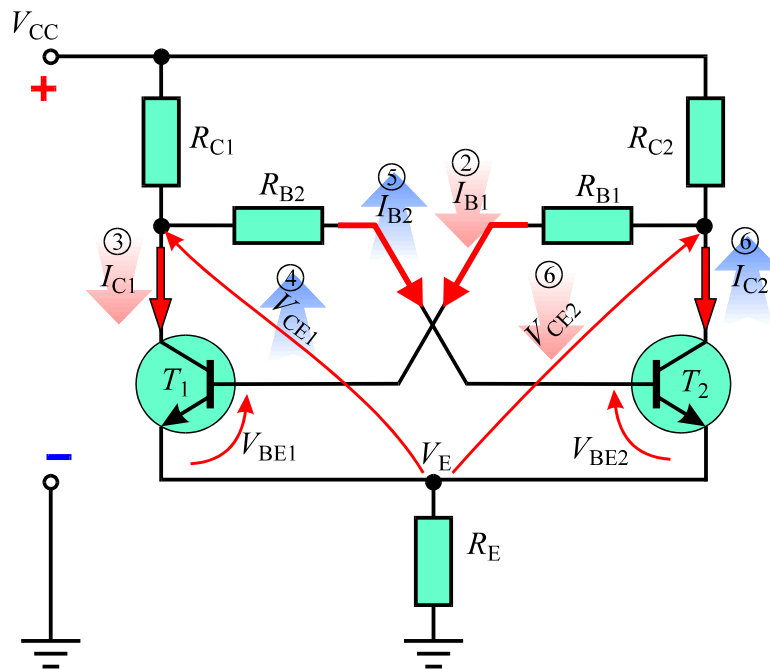
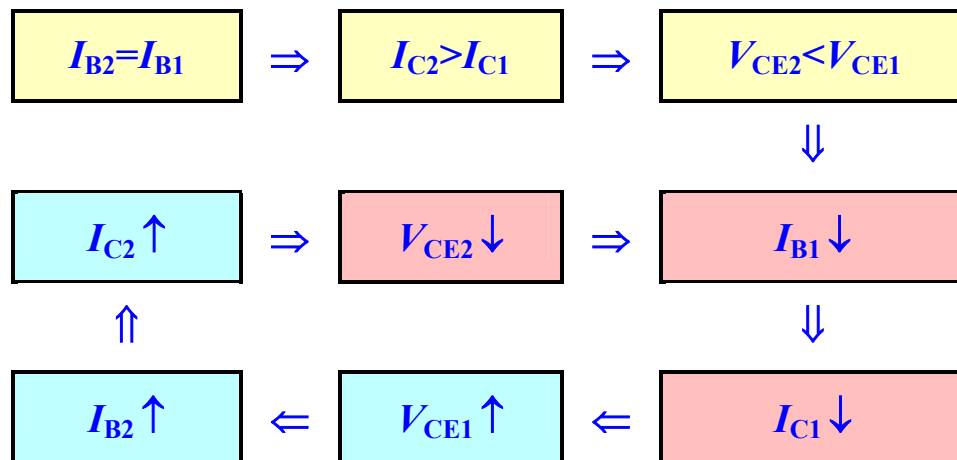


Fig.12 Seqüência de eventos desencadeados ao se ligar um multivibrador biestável exibindo $\beta_2 > \beta_1$.

Eventos mostrados na Fig.12:


- 1) $I_{C2} > I_{C1} \Rightarrow V_{CE2} < V_{CE1}$.
- 2) Como V_{CE2} está aplicado sobre R_{B1} , a corrente I_{B1} diminui em relação ao seu valor inicial, tornando-se inferior a I_{B2} .
- 3) A diminuição de I_{B1} produz uma diminuição na corrente $I_{C1} = \beta I_{B1}$.
- 4) Como resultado a tensão V_{CE1} aumenta.
- 5) Como V_{CE1} está aplicado sobre R_{B2} , a corrente I_{B2} aumenta em relação ao seu valor inicial, tornando-se ainda maior do que I_{B1} .
- 6) Esse último efeito produz um acréscimo ainda maior na corrente de coletor I_{C2} e o ciclo se repete a partir do evento discriminado no item (1).

A seqüência de eventos (1) a (6) pode ser representada de acordo com o seguinte diagrama:

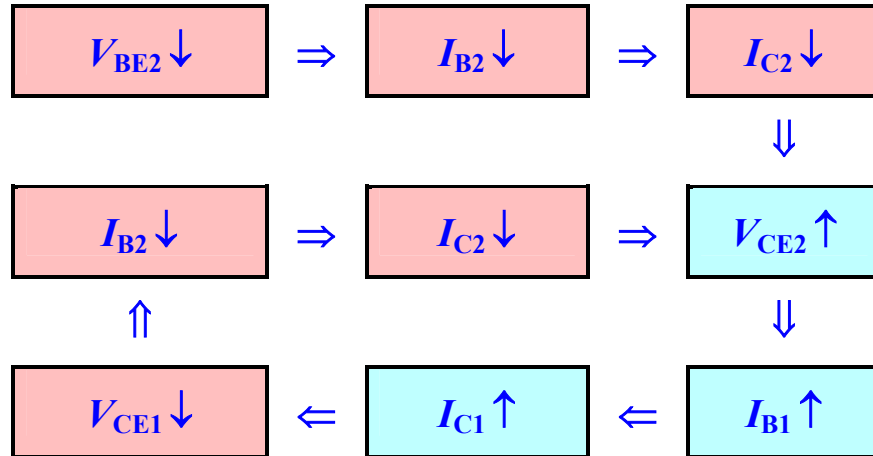


A seqüência cíclica representada no diagrama prossegue até o momento em que I_{C2} atinge o valor de saturação e I_{C1} diminui para um valor praticamente nulo. Quando essa condição é atingida, o transistor T_2 satura e o transistor T_1 entra no regime de corte, e essa situação permanece estável, na ausência de um estímulo externo.

A partir da análise descrita anteriormente, pode-se extrair a seguinte conclusão:

 **Ao ser alimentado, um multivibrador biestável assume um estado estável. Esse estado corresponde à saturação do transistor de maior ganho ou, alternativamente, ao corte do transistor de menor ganho.**

Uma forma de alterar o estado do multivibrador biestável seria curto-circuitar momentaneamente a base e o emissor do transistor saturado. Assumindo T_2 inicialmente saturado, essa condição produziria a seqüência de eventos representada no diagrama a seguir:



O ciclo representado no diagrama prossegue até que T_1 sature e T_2 entre no regime de corte, e o circuito permanece estável nesse novo estado.

Conforme ficou demonstrado na análise, o circuito multivibrador é denominado de biestável por apresentar **dois estados estáveis**. Uma vez que o circuito assumira um determinado estado, nele irá permanecer na ausência de um estímulo externo.

MÉTODOS DE DISPARO DO BIESTÁVEL

O multivibrador biestável não teria aplicação prática se não houvesse uma forma de alterar o seu estado através de impulsos elétricos. Existem algumas maneiras através das quais se podem trocar os estados do circuito, ou seja, fazer com que se invertam as situações de corte e saturação dos transistores. Essa troca de estados é denominada de **transição** ou **disparo**.



Transição ou disparo é a denominação empregada para a troca de estados em um dispositivo eletrônico.

Existem vários métodos que podem ser empregados para provocar uma transição em um multivibrador biestável. Dois desses métodos serão analisados:

- Disparo pelo emissor.
- Disparo pela base.

DISPARO PELO EMISSOR

A transição do multivibrador biestável pode ser provocada através dos emissores dos transistores, acrescentando-se um capacitor ao circuito original, conforme mostrado na **Fig.13**. Através do capacitor são aplicados os pulsos que provocarão as transições.

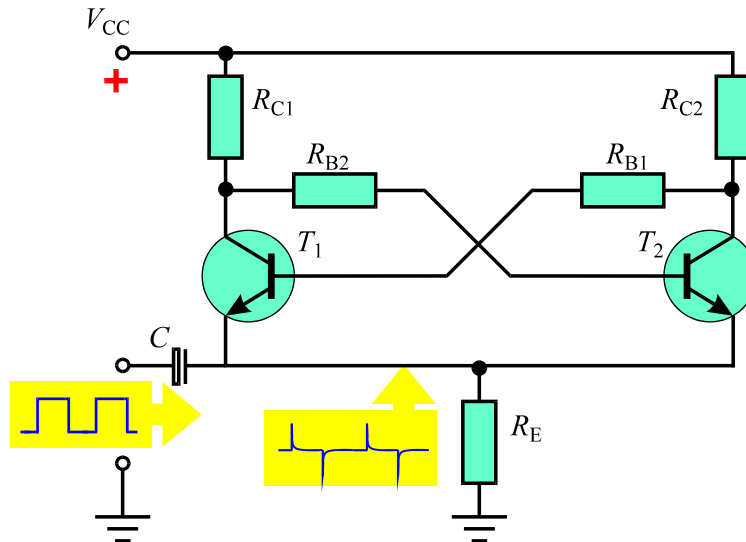


Fig.13 Configuração do multivibrador biestável para disparo pelo emissor.

Como se pode observar na **Fig.13**, o circuito formado pelos componentes C e R_E é um diferenciador que dará origem a picos de tensão nos emissores dos transistores, quando for aplicado um trem de pulsos na entrada.

Para compreender como os picos de tensão provocam a transição no biestável, admite-se que o estado do multivibrador esteja inicialmente com T_1 saturado e T_2 no regime de corte.

Como mostrado na **Fig.14**, quando se aplica uma transição **positiva** ao capacitor, a corrente de carga circula através do resistor R_E . Com o acréscimo da corrente do capacitor, a tensão V_E no

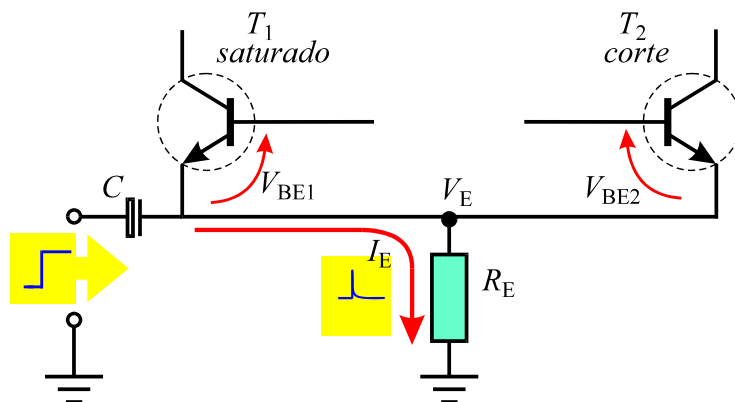



Fig.14 Corrente de carga no resistor R_E do multivibrador.


resistor sofre um rápido aumento e como resultado a tensão V_{BE1} do transistor saturado diminui.

Dependendo da amplitude do pico de tensão no emissor, a tensão V_{BE1} pode diminuir de tal forma a levar o transistor T_1 ao estado de corte. Essa condição leva obrigatoriamente o transistor T_2 à saturação. Os gráficos mostrados na **Fig.15** ilustram a dependência temporal dos sinais elétricos no circuito.

Conclui-se portanto que:

 **Um pulso de transição positiva provoca a troca de estados ou disparo do multivibrador biestável.**

A transição de descida do pulso de entrada descarrega o capacitor, provocando um pico de tensão negativa no resistor de emissor. Esse decréscimo na tensão dos emissores **não altera o estado do multivibrador**, porque provoca um aumento na tensão base-emissor do transistor que está saturado, o que não o tira da condição de saturação.

 **Um pulso de transição negativa aplicado através do capacitor do circuito diferenciador de um biestável não altera o estado do circuito.**

Os gráficos mostrados na **Fig.16** ilustram os sinais gerados em um biestável a partir da aplicação de um trem de pulsos na entrada do circuito diferenciador.

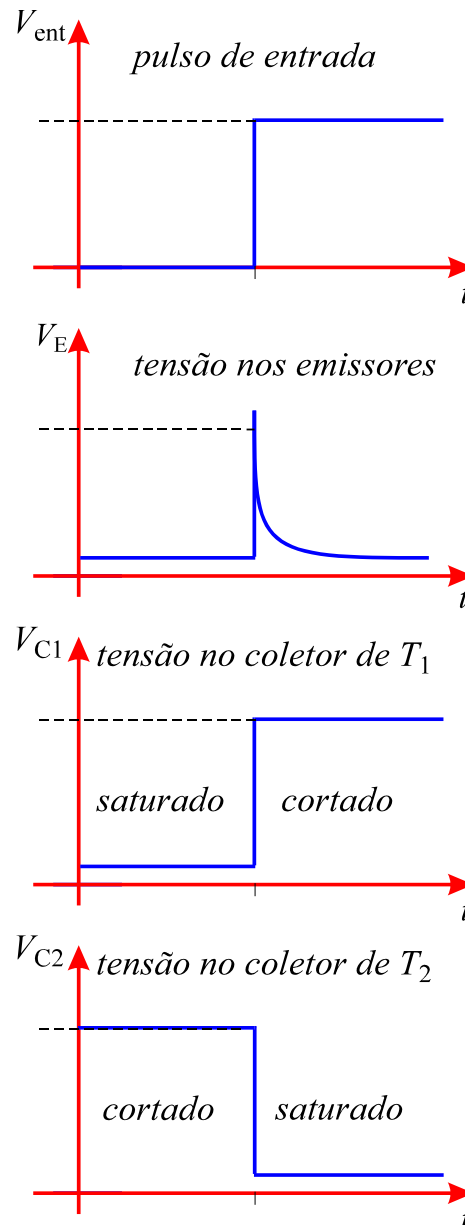


Fig.15 Sinais elétricos no multivibrador biestável.

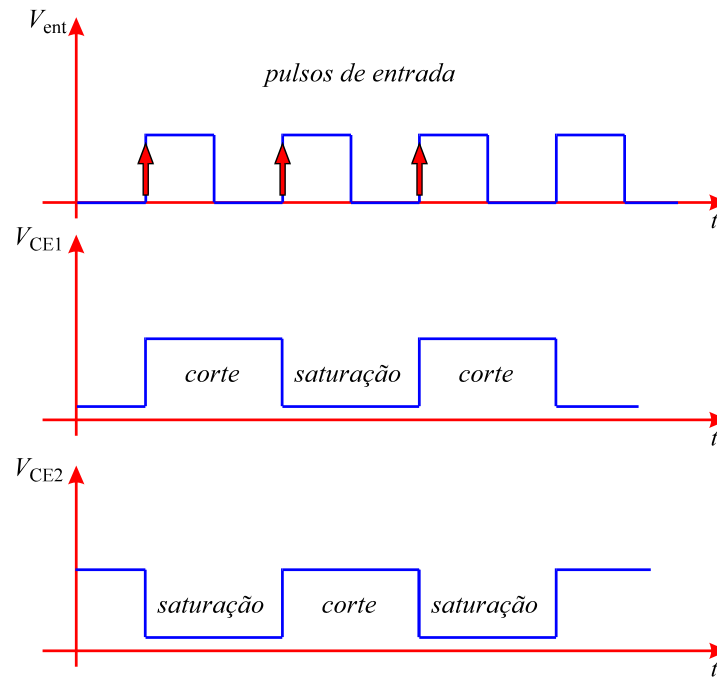


Fig.16 Formas de onda geradas no multivibrador a partir da aplicação de um trem de pulsos na entrada do circuito diferenciador.

A operação ideal do multivibrador deveria ocorrer de forma que as tensões V_{CE1} e V_{CE2} , mostradas na **Fig.16**, exibissem transições com tempos de subida e de descida praticamente nulos. Entretanto, quando um dos transistores está saturado, acumula uma grande quantidade de portadores na base. Para que o transistor entre no regime de corte, é necessário remover as cargas acumuladas, o que requer um certo intervalo de tempo. Esse intervalo de tempo corresponde ao tempo de descida na borda do pulso de tensão gerado no transistor saturado e ao tempo de subida na borda do pulso de tensão do transistor que está no regime de corte, conforme ilustrado na **Fig.17**.

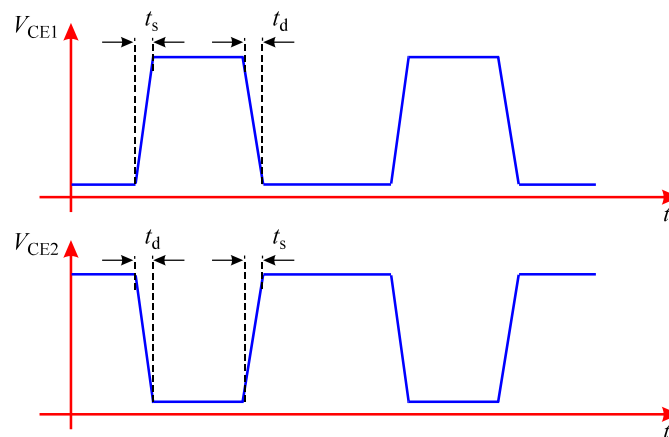


Fig.17 Formas de onda levando em conta a existência de tempos não-nulos para ocorrência das transições de estados.

Os tempos de transição podem ser diminuídos acrescentando-se capacitores em paralelo com os resistores de base, conforme ilustrado na **Fig.18**. Esses capacitores são denominados de **capacitores de aceleração ou comutação**.

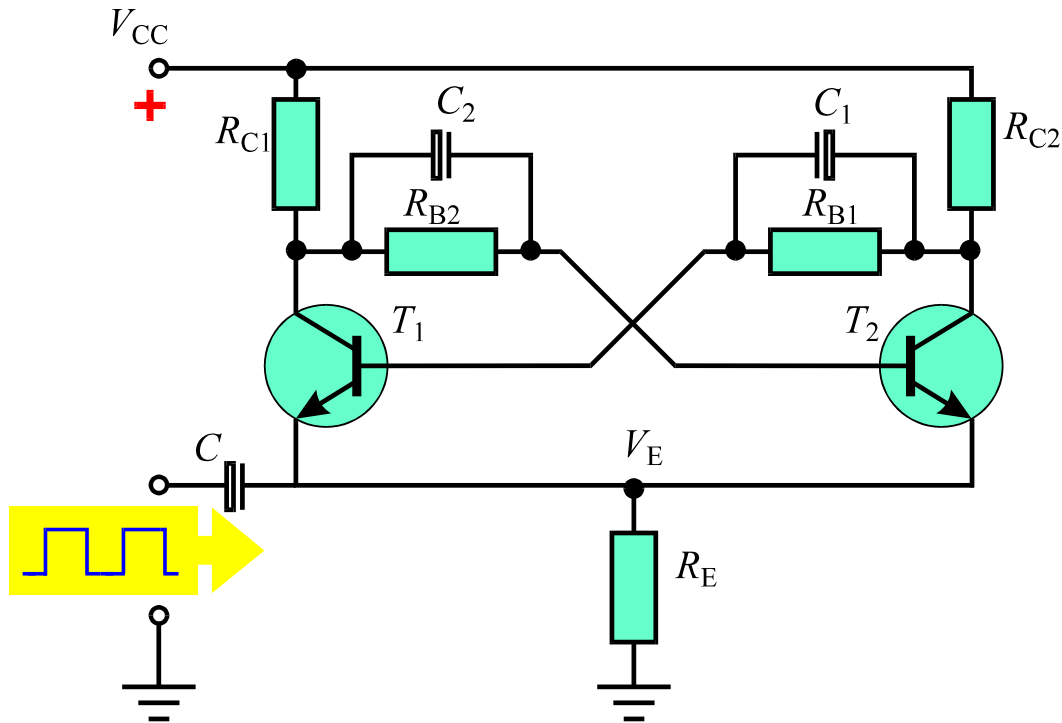



Fig.18 Multivibrador biestável com capacitores de comutação.

Os capacitores de comutação provocam a retirada rápida das cargas armazenadas na base do transistor saturado, causando uma diminuição nos tempos de subida e de descida das transições.

 **Os capacitores de comutação permitem uma transição mais rápida entre os estados do multivibrador biestável.**

DISPARO PELA BASE

O circuito de disparo pela base utiliza uma malha diferenciadora acrescida de um diodo conectado à base de cada transistor, conforme ilustrado na **Fig.19**.

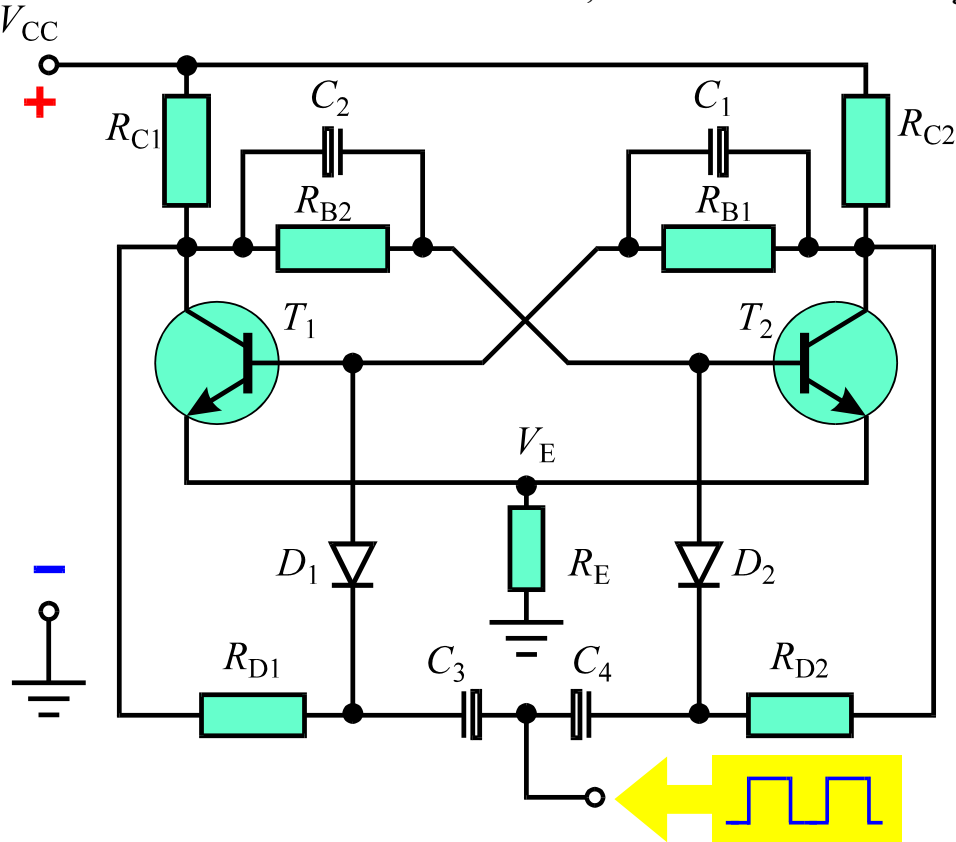


Fig.19 Multivibrador biestável com malha diferenciadora e diodos conectados às bases dos dois transistores.

O circuito de disparo é composto pelos capacitores C_3 e C_4 , diodos D_1 e D_2 e resistores R_{D1} e R_{D2} , mostrados na **Fig.19**. Admite-se a condição inicial mostrada na **Fig.20**, com T_1 saturado e T_2 cortado e os parâmetros elétricos do circuito dados por:

$V_{CC} = 12 \text{ V}, V_E = 1 \text{ V}$ $\text{transistor } T_1: V_{C1} = 1,3 \text{ V}, V_{B1} = 1,7 \text{ V}$ $\text{transistor } T_2: V_{C2} = 12 \text{ V}, V_{B2} = 1,3 \text{ V}$

Da **Fig.20**, nota-se que a tensão no coletor de T_1 está presente no cátodo de D_1 e a tensão no coletor de T_2 está presente no cátodo de D_2 . Sob essas condições, o diodo D_1 está submetido a uma tensão de $0,4\text{ V}$, estando portanto na iminência de entrar em condução e o diodo D_2 está em bloqueio. Essa última condição impede que qualquer pico de tensão no cátodo de D_2 seja transferido para o terminal de base de T_2 , sendo portanto direcionado apenas para a base do transistor T_1 .

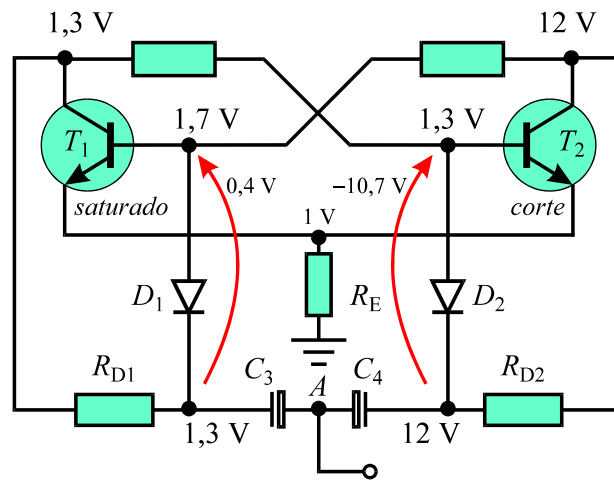



Fig.20 Condição inicial para o multivibrador biestável da **Fig.19**.

 **Nos circuitos de disparo pela base, a tensão de disparo é sempre dirigida à base do transistor que está saturado.**

É necessário analisar como o transistor saturado reage ao pico de tensão de disparo. Assumindo uma transição positiva na tensão aplicada ao terminal A do capacitor, gera-se no cátodo de D_1 um pico de tensão positiva, conforme ilustrado na **Fig.21**.

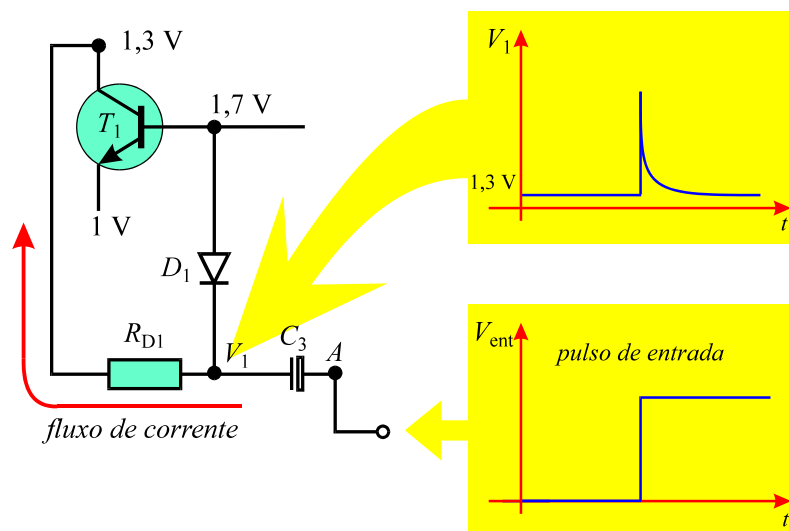


Fig.21 Efeito produzido por uma variação positiva de tensão no terminal A do capacitor C_3 .

O diodo D_1 que está na iminência de entrar em condução, ao receber um pico de tensão positiva no cátodo, torna-se, momentaneamente, inversamente polarizado, o que **não modifica as condições de operação do transistor T_1** .

Conforme ilustrado na Fig.22, na transição negativa da tensão aplicada ao terminal A do capacitor, o potencial do cátodo de D_1 diminui, o que o coloca no regime de condução. Como em condução, a queda de tensão no diodo permanece fixada em aproximadamente $0,6 V$, a tensão no ânodo do diodo, ou equivalentemente, no terminal de base de T_1 , diminui, o que coloca T_1 no regime de corte. Isso faz que o transistor T_2 saia da condição de corte para a condição de saturação.

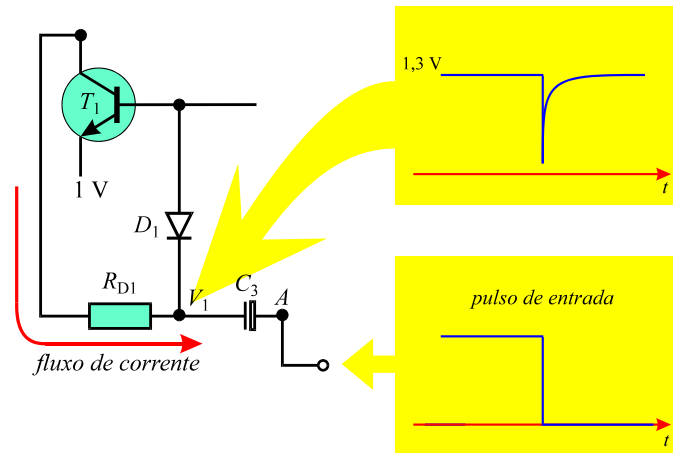


Fig.22 Efeito produzido por uma variação negativa de tensão no terminal A do capacitor C_3 .



Cada transição negativa do pulso de disparo leva à condição de corte o transistor que estiver inicialmente saturado.

A Fig.23 mostra as formas de onda de tensão produzidas no multivibrador biestável a partir da aplicação de um trem de pulsos no terminal A do circuito da Fig.20.

Um exame da Fig.23 indica que 4 pulsos de disparo provocam 2 pulsos de tensão no coletor de T_1 e dois pulsos de tensão no coletor de T_2 . Dessa forma, a saída de cada coletor fornece um trem de pulsos cuja frequência é exatamente a metade da frequência do trem de pulsos de disparo.

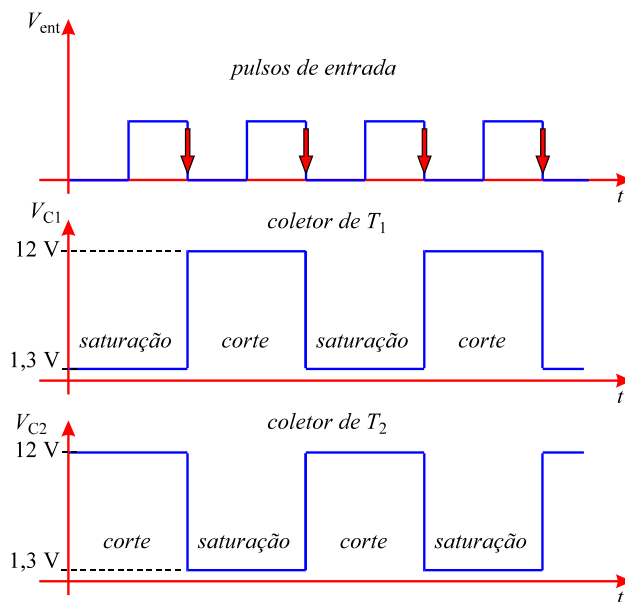



Fig.23 Formas de onda geradas em um multivibrador biestável submetido a uma seqüência de pulsos de disparo.

 *A frequência do trem de pulsos gerado no coletor de cada transistor do multivibrador, é a metade da frequência do trem de pulsos de disparo. Assim, o multivibrador biestável se comporta como um circuito divisor de frequências.*

Uma aplicação frequente do multivibrador biestável é o circuito divisor de frequências de uma oitava, ilustrado na **Fig.24**.

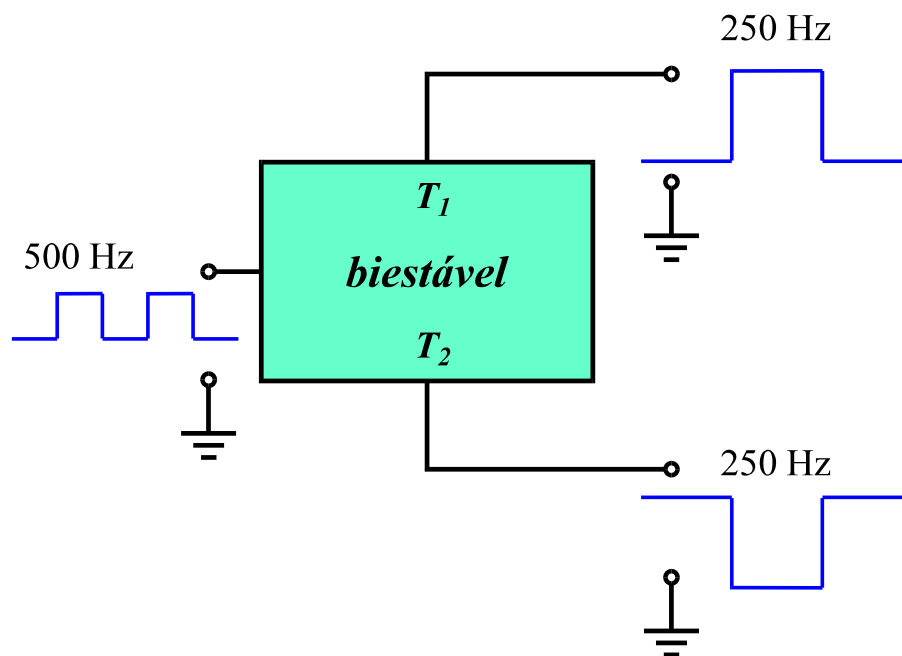


Fig.24 Multivibrador biestável utilizado como divisor de frequências de uma oitava.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Em um circuito transistorizado polarizado por corrente de base, sob que condições se estabelecem os regimes de corte e saturação?
2. Quais são os modelos de circuito de um transistor operando nas condições de corte e saturação?
3. De que forma o transistor é geralmente utilizado em circuitos analógicos? E em circuitos digitais?
4. O que é um multivibrador biestável?
5. Se um multivibrador biestável possui transistores de ganhos distintos, qual dos dois satura ao se ligar a fonte de alimentação?
6. O que se entende por disparo de um circuito eletrônico?
7. Que métodos de disparo são empregados normalmente no multivibrador biestável?
8. Cite uma aplicação típica do multivibrador biestável.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, Robert & BRANT, Ams, Transistores, segunda parte, São Paulo, EPU (1975).

DEGEM SYSTEMS, Circuitos transistorizados formadores de pulso, Israel, Eletrônica modular (1976).

STRAUS, Leonard, Wave generation and shaping, São Paulo, 2^a edição, McGraw-Hill, Inc. (1970).